



CUSTOS DE OPORTUNIDADE DE UM PROGRAMA DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS

Fabio Navarro Manfredini

Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

fabio-manfredini@gmail.com

Manuel Enrique Gamero Guandique

Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

enrique@sorocaba.unesp.br

Leandro Cardoso de Morais

Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

leandro@sorocaba.unesp.br

Resumo

O conceito de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) surgiu como um mecanismo potencial para proporcionar a conservação dos ecossistemas e a melhoria dos meios de subsistência ambiental dos prestadores de serviços e dos consumidores. Para verificar quais são os custos de oportunidade pertinentes, foi realizada uma simulação do programa "Produtor de Água" na sub-bacia hidrográfica do rio Pirajibu, na região de Sorocaba, e propostos quatro cenários com práticas de conservação de solo para áreas cobertas com pastagem. Determinou-se, através da estimativa do custo de oportunidade, o Valor de Referência (VRE) para o PSA. O pior cenário de abatimento de erosão seria com o uso de pastagem recuperada por subsolagem, correção da acidez ou adubação, podendo apresentar um Porcentual de Abatimento de Erosão (PAE) no valor mínimo de 25%. Os melhores cenários estão enquadrados na pastagem recuperada com conservação de solo (barraginhas ou terraços, utilizando simultaneamente as práticas mecânicas e vegetativas) e na recuperação da vegetação nativa. Nesses casos, o PAE poderá ser maior que 75%. O investimento na bacia varia conforme as práticas de conservação do solo utilizadas. No caso de todas as propriedades cobertas com pastagem aderirem ao programa a remuneração total variaria de R\$ 238.566,15/ano (pastagem recuperada – subsolagem) a R\$ 954.264,60/ ano (recuperação de vegetação nativa).

Palavras-chave: recursos hídricos, valoração ambiental, Rio Pirajibu, bacia hidrográfica, economia verde

Abstract

The concept of Payment for Environmental Services (PES) has emerged as a potential mechanism for providing ecosystem conservation and improving the environmental livelihoods of service providers and consumers. It was carried out to check what the relevant opportunity costs with a "Water Producer" program simulation in the sub-basin of the Pirajibu River, in the region of Sorocaba, and proposed four scenarios with soil conservation practices for areas covered with pasture. It was determined, through the estimation of opportunity cost by the PES Reference Value. The worst scenario of erosion abatement would be the use of pasture reclaimed by subsoiling, acidity correction or fertilization, and may present of Erosion Abatement Percentage (EAP) in the minimum value of 25%. The best scenarios are in the pasture recovered with soil conservation (barraginhas or terraces, using both mechanical and vegetative practices) and in the recovery of native vegetation. In such cases, the EAP may be greater than 75%. The investment in the basin varies according to the soil conservation practices. In the case of all pasture properties, the total compensation would vary from R\$ 238,566.15 / year (reclaimed pasture - subsoiling) to R\$ 954,264.60 / year (recovery of native vegetation).

Keywords: water resources, environmental valuation, Pirajibu River, watershed, green economy

JEL Codes: P25, P28, Q01, Q57



1. Introdução

A regulamentação ambiental é essencial para enfrentar as pressões sobre a biodiversidade e os ecossistemas, através de proibições, de normas e de requisitos de monitoramento e da definição de instrumentos econômicos (Rasmussen 2011; Criado, Piroli 2011). Peixoto (2011: 17) analisa o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como um instrumento econômico:

O PSA é um instrumento que busca dar uma solução próxima à de mercado para o problema ambiental, ou seja, criar um sistema de preços que incentiva os agentes a tomar decisões ambientalmente corretas. Outra forma de incentivar a preservação é diretamente, via regulação direta estatal (multas para quem polui acima de certo patamar, proibição de exercer determinadas atividades – como as que usam amianto, obrigação de adotar padrões – como limites para desmatamento, colocação de filtros de emissões de gases na indústria, etc.). As duas formas são complementares, e as vantagens e desvantagens em cada uma delas têm de ser levadas em consideração no planejamento dos instrumentos de PSA.

Conforme a abordagem do *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* - TEEB (2011) existem três tipos principais de regulação ambiental:

- a) Regulamento dos lançamentos de águas que estabelece os padrões para emissões, a qualidade do meio ambiente e técnicas ambientais;
- b) Regulamentação de produtos, que define as restrições do uso do produto ou normas de produção;
- c) O ordenamento do território, uso do solo e que estabelece as áreas protegidas.

A escassez dos recursos naturais demandou a intervenção do estado na conservação da natureza, através do estabelecimento de políticas ambientais e na concepção de uma legislação que contemplasse a proteção do meio ambiente mediante a instituição de instrumentos para a regulação ambiental e na

imposição de sanções para as pessoas físicas ou jurídicas que descumpram as obrigações legais.

Por conseguinte, o Brasil instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) que foi estabelecida pela Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981. Posteriormente, a Constituição Federal foi promulgada em 05 de outubro de 1988, destacando-se por ser pioneira ao abordar o tema meio ambiente em seu conteúdo, dedicando-lhe integralmente o capítulo VI. O artigo 225, citado abaixo, exerce na Constituição o papel de principal norteador da tutela ambiental em território brasileiro.

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Margulis (1996) considera que a deterioração da qualidade ambiental seria maior se os governos não tivessem empregado regras e incentivos para defrontar com as ameaças direcionadas ao meio ambiente. Os instrumentos podem ser divididos em dois tipos principais: os instrumentos reguladores, ou instrumento do tipo comando e controle (IMC), e instrumentos econômicos ou instrumentos de mercado (IM).

Os IM estão fundamentados nas forças dos mercados e nas mudanças dos preços relativos, internalizando em suas decisões os aspectos ambientais. Tais como: a) taxas ambientais; b) a criação de um mercado; c) os sistemas de depósito e reembolso; d) subsídios.

Para Margulis (1996) os IM são instrumentos alternativos ou complementares às regras de comando e controle, que podem contribuir para a implantação de políticas ambientais mais eficazes e eficientes. Afirma que a principal vantagem dos IM sobre os IMC é sua eficiência em relação ao custo, pois os resultados ambientais são obtidos a um custo social menor.



A legislação brasileira contempla os IM em suas disposições. A PNMA instituiu os instrumentos que deverão ser utilizados na gestão da política ambiental nacional. Dentre eles, destaca-se o inciso XIII do artigo 9º que disciplina o uso de instrumentos econômicos:

Art 9º - São instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente:

XIII - instrumentos econômicos, como concessão florestal, servidão ambiental, seguro ambiental e outros. (Incluído pela Lei nº 11.284, de 2006).

O enfoque dos serviços ecossistêmicos enfatiza a valorização dos valores sociais e econômicos dos recursos naturais e dos sistemas ecológicos. Apesar do crescente interesse pelos serviços ecossistêmicos e sua incorporação nas decisões e transações do setor público, vários desafios institucionais complicam esses esforços. Esses desafios incluem autoridades de agências dispersas e fragmentação jurisdicional que podem restringir a escala geográfica de transações do setor público ou planejamento e ações inter-jurisdicionais.

No entanto, muitas agências têm flexibilidade para incorporar avaliações de serviços ecossistêmicos em seu planejamento, usá-los para informar as escolhas de gastos e desenvolver mercados com base em conceitos de serviços ecossistêmicos. Os desafios são, portanto, mais instrumentais e práticos do que legais e estruturais (Scarlett, Boyd 2015)

Em comparação com as estratégias de comando e controle, os mecanismos de PSA podem ser mais eficazes e possuir menor custo. Na verdade, os sistemas de aplicação de comando e controle ambiental dependem da disponibilidade de recursos adequados, tanto a nível institucional e financeiro, que muitas vezes são escassos nos países em desenvolvimento.

Neste contexto, as abordagens regulamentares para a conservação muitas vezes não conseguem atingir seus objetivos ambientais, devido à falta de vigor nos sistemas de aplicação da legislação ambiental (Mayrand, Paquin 2004). Os programas de PSA podem

funcionar onde abordagens regulatórias não conseguiram criar um sistema de incentivos para a conservação.

Diante do exposto, verifica-se que os Programas de PSA estão alicerçados nos fundamentos que permeiam os IM e no caso dos programas brasileiros, devem estar regulamentados em legislações específicas.

Nesse sentido, o Programa Produtor de Água estabeleceu que caberá ao órgão ou entidade municipal ou estadual, o desenvolvimento de legislação relacionada à criação de incentivos para os produtores rurais que prestam serviços ambientais (ANA 2003).

No município de Sorocaba, estado de São Paulo, foi instituído em 2011 através de Lei Ordinária, o Programa Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais com o objetivo de incentivar a oferta de serviços ecossistêmicos na Sub-bacia do Rio Pirajibu. A Lei determina que o programa municipal observará as diretrizes e critérios estabelecidos na Lei Estadual nº 13.798, de 9 de novembro de 2009, e em normas estaduais e federais que regem a matéria.

O artigo 4º da Lei, descrito na Tabela 7, disciplina que o Poder Público Municipal poderá remunerar o Provedor de serviços ambientais situado na Bacia do Rio Pirajibu, na forma instituída nesta Lei e em seu regulamento. Contudo, até o final de 2018 a lei não havia sido regulamentada.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um estudo de caso de PSA através da simulação da metodologia do programa Produtor de Água à sub-bacia hidrográfica do rio Pirajibu, localizada no município de Sorocaba, estado de São Paulo, Brasil, para verificar quais foram os custos de oportunidade pertinentes.

2. Objetivos

Visando atingir o objetivo de verificar os custos de oportunidade pertinentes à implantação de um PSA foi realizada uma simulação da metodologia do programa "Produtor de Água"



na porção da sub-bacia hidrográfica do rio Pirajibu localizada no município de Sorocaba, estado de São Paulo.

A escolha da bacia atendeu aos seguintes critérios:

- estar situada no município de Sorocaba;
- possuir uma Lei Municipal que dispõe sobre PSA para proprietários de imóveis situados na sub-bacia do rio Pirajibu;
- ausência de regulamentação da Lei e, por conseguinte, da metodologia de remuneração de PSA aos proprietários que aderirem ao programa.

3. Material e Métodos

3.1 Descrição da área de estudo

3.1.1 Localização

A bacia hidrográfica do rio Pirajibu está situada no compartimento geomorfológico de transição do Planalto Ocidental Paulista e Depressão Periférica. Pertence a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos número dez (UGRHI-10), denominada Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê, localizada no centro-sudeste do Estado de São Paulo e é constituída pela Bacia do Rio Sorocaba e outros tributários do Rio Tietê.

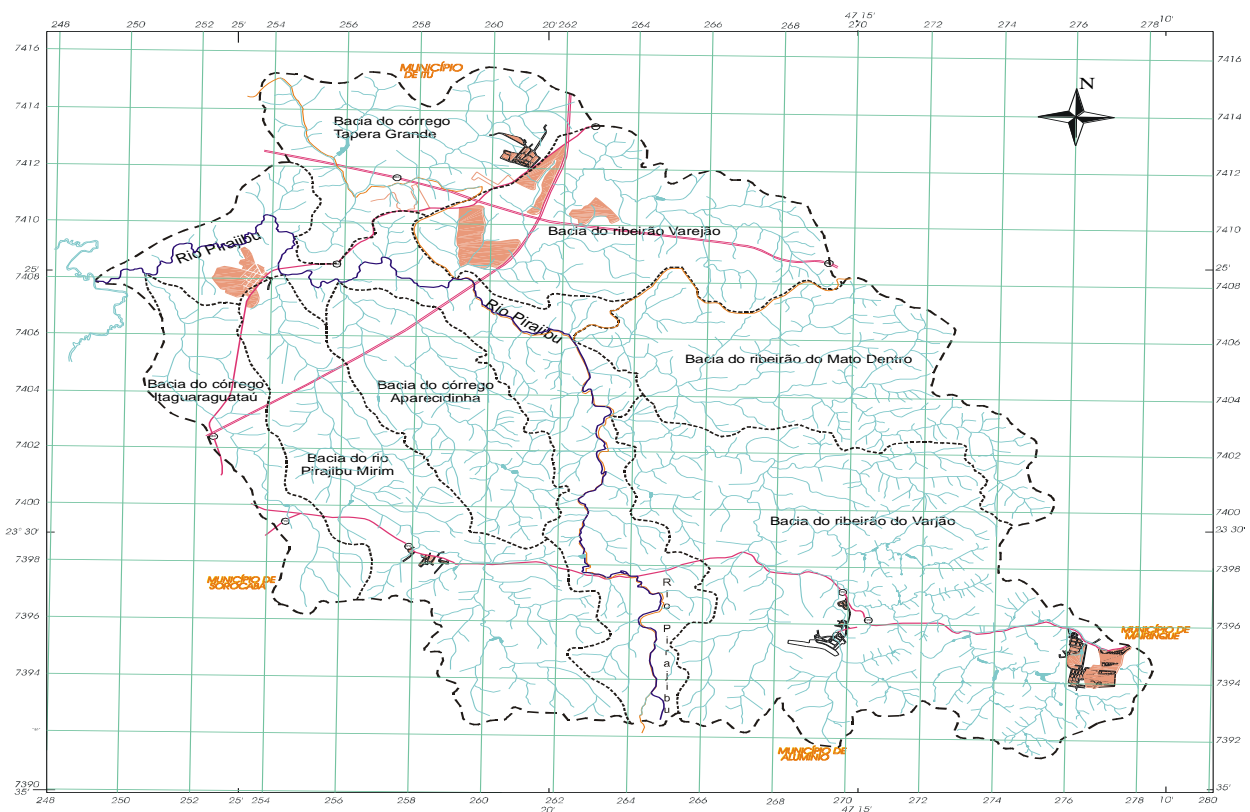


Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Pirajibu- Sorocaba/SP.

Fonte: Adaptado de WALM (1999).

3.1.2 Uso e ocupação do solo

A bacia do Rio Pirajibu, incluída da subdivisão 4 – Médio Sorocaba (SB4-MS) está situada nos territórios dos municípios de Alumínio, Itu, Mairinque e Sorocaba (Barbierato 2014). As

informações sobre o perfil sócio econômico de Sorocaba em comparação com o Estado de São Paulo estão relacionadas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Dados sócio econômicos para os municípios da bacia do Rio Pirajibu

ITEM	SOROCABA	ESTADO DE SÃO PAULO
População (2014)	615.955	42.673.386
Densidade Demográfica(hab/km ²)	1369,40	171,92
Rede Esgoto Sanitário	97,75%	86,70%
Participação Econômica Agropecuária	0,14%	2,11%
Participação Econômica da Indústria	37,34%	27,43%
Participação Econômica de Serviços	62,52%	70,46%

Fonte: (SEADE, 2014)

As informações sobre os usos do solo foram coletadas no “Estudo de Viabilidade de Exploração, Recuperação e Preservação do Rio Pirajibu” elaborado por WALM (1999).

Com base nos dados, foi realizada a simulação da metodologia do programa do Produtor de Água na sub-bacia do Rio Pirajibu, conforme verificada no item 3.1.3.

O custo de oportunidade foi calculado considerando uma oportunidade renunciada. No estudo de caso, a atividade que poderia ser realizada em vez da implantação de PSA é a pecuária de gado de corte.

A Tabela 2 relaciona os usos do solo para toda a área da sub-bacia do Pirajibu (WALM 1999).

Em contrapartida, conforme é observado na Tabela 3, as propriedades que possuem pastagem são a maioria na sub-bacia do Pirajibu. Guandique et al. (2013) e Barbierato (2014) mostram que a caracterização do Uso e Ocupação da bacia analisada apresenta uma grande extensão de mata, referente tanto à vegetação natural remanescente, quanto à vegetação de reflorestamento. Constatam que a participação agropecuária na economia da região é muito baixa, conforme demonstrado nas Figuras 2 e 3.

Tabela 2 – Tipos de uso e ocupação do solo da bacia do Rio Pirajibu em 1999

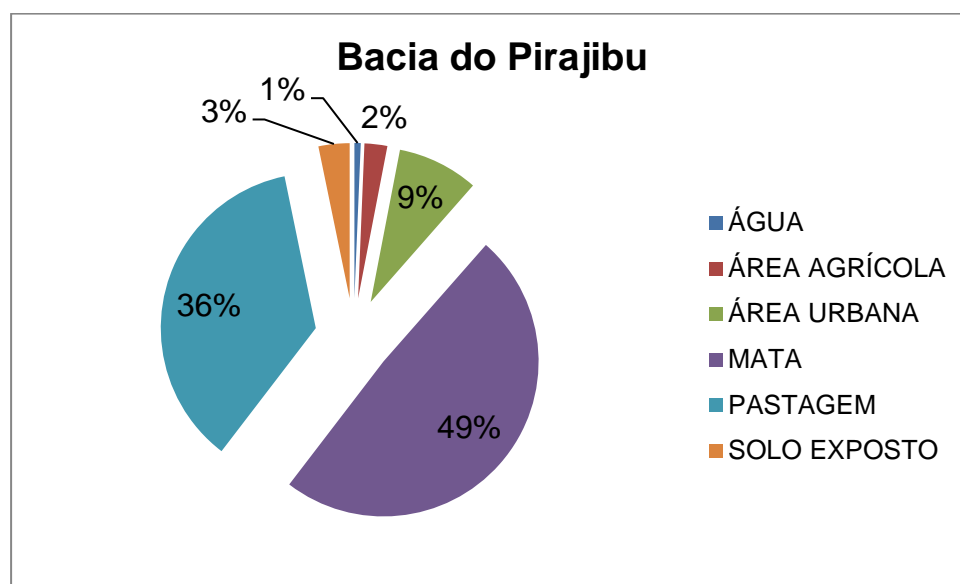
USO DO SOLO	ÁREA	
	ha	%
Pastagem	19.610	46,38
Reflorestamento	5.846	13,83
Fragmentos de Mata Mesófila Semidecídua	3.928	9,29
Mata Ciliar	2.638	6,24
Expansão Urbana	2.002	4,74
Campo Sujo	1.688	4,00
Agricultura	1.468	3,48
Industrial	1.378	3,26
Mineração	1.145	2,71
Outros	1.510	0,36
TOTAL	42.278	100

Fonte: Adaptado de WALM, 1999

**Tabela 3** - Análise do Uso e Ocupação do solo para a bacia do Rio Pirajibu em 2014

USO DO SOLO	ÁREA	
	ha	%
ÁGUA	276,300	0,65
ÁREA AGRÍCOLA	1.001,17	2,38
ÁREA URBANA	3.559,00	8,45
MATA	20.620,00	49,0
PASTAGEM	15.320,00	36,35
SOLO EXPOSTO	1.364,65	3,27
TOTAL	42.140,00	100

Fonte: Adaptado de Barbierato, 2014

**Figura 2** - Uso e ocupação para a sub-bacia do Rio Pirajibu.

Fonte: Barbierato, 2014

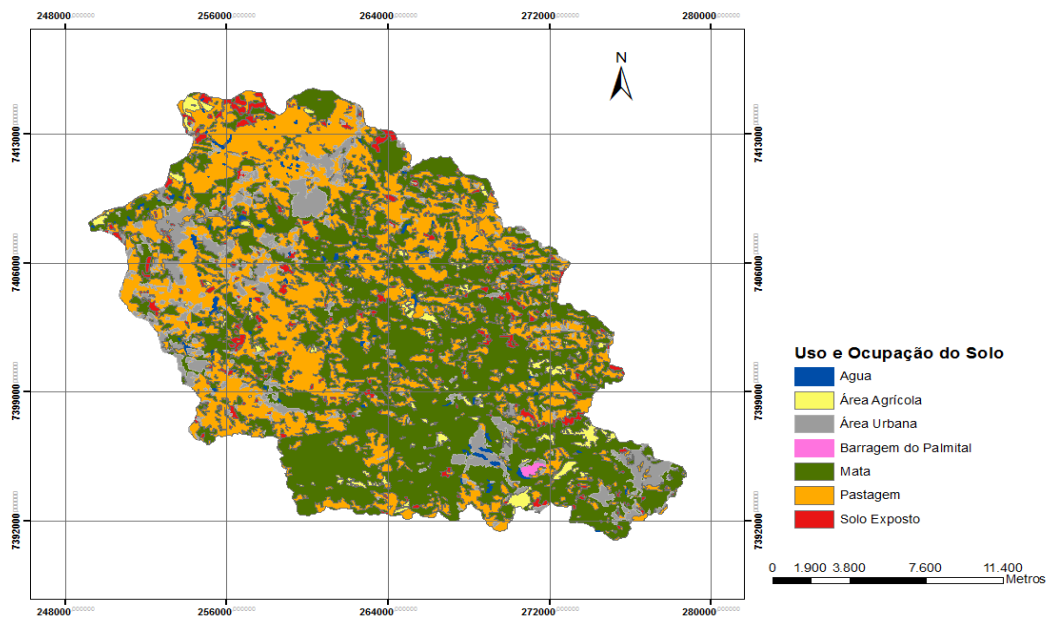


Figura 3 - Uso e ocupação do solo para a região da bacia do Pirajibu.

Fonte: Guandique et al, 2013.

3.1.3 Aplicação do Programa do “Produtor de Água” na sub-bacia do Rio Pirajibu

O “Manual Operativo do Programa Produtor de Água” foi aprovado pela Portaria ANA 196, de 30 de agosto de 2013 e considera três modalidades distintas de manejos conservacionistas aplicados ao PSA: Conservação de Solo; Restauração ou Conservação de APP e/ou Reserva Legal; Conservação de remanescentes de vegetação nativa. O manejo deve atender a relação custo/benefício e a eficácia de abatimento da erosão.

A Lei Municipal de Sorocaba/SP nº 9.812, de 16 de novembro de 2011, que “Dispõe sobre Pagamentos por Serviços Ambientais para proprietários de imóveis situados na bacia do rio Pirajibu e dá outras providências”, declara em seu artigo 1º que:

Esta Lei institui o Programa Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais com o objetivo de incentivar a oferta de serviços ecossistêmicos na bacia do Rio Pirajibu.

Parágrafo Único - O Programa Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais observará

diretrizes e critérios estabelecidos na Lei Estadual nº 13.798, de 9 de novembro de 2009, e em normas estaduais e federais que regem a matéria.

A simulação da aplicação da Simulação da aplicação do programa do Produtor de Água na bacia do Rio Pirajibu pretende demonstrar que a efetivação da Lei citada poderá contribuir para a conservação ambiental da região.

Os beneficiários da implantação de um programa de PSA na bacia hidrográfica do Rio Pirajibu nos limites do município de Sorocaba, baseado nas diretrizes do Programa Produtor de Água, seriam remunerados proporcionalmente aos benefícios ambientais gerados pelos manejos realizados na propriedade visando à conservação do solo para a redução de sedimentação e erosão.

As premissas do Programa Produtor de Água são duas:

- adoção de práticas conservacionistas para reduzir o aporte de sedimento anual (t/ano) a um ponto da bacia, na mesma proporção que a redução da erosão total na mesma (t/ano);



- b) O fato da gleba e das condições de contorno (clima, topografia, solo) serem os mesmos, independente do uso de práticas conservacionistas

Assim, o percentual da erosão original em uma gleba ou propriedade da bacia, será reduzido na mesma proporção ao abatimento de erosão proporcionado pelas práticas conservacionistas, tais como: plantio em nível, rotação de culturas, adubação verde, plantio direto, entre outros.

Porcentual de Abatimento de Erosão (PAE)

O estudo de caso considerou a aplicação da modalidade de Conservação do Solo às propriedades rurais cobertas com pastagem, abrangendo aproximadamente 28,23% da ocupação do solo da sub-bacia, para recompensar financeiramente o produtor rural que adote ou venha a adotar práticas de Conservação de Solo em sua área de agricultura e/ou pastagem.

Motta (1997: 24) faz considerações sobre a valoração do custo da erosão do solo:

As perdas de produtividade e impactos externos negativos resultantes da erosão do solo fazem parte do custo social da produção agropecuária. Entretanto, estes custos são muitas vezes negligenciados pelos produtores e pelo poder público. Isto ocorre, em parte, pelo fato das consequências da degradação do solo serem, em muitos aspectos, desconhecidas, às vezes indiretas ou difusas, e perceptíveis somente em longos períodos de tempo. Uma das causas mais importantes é o fato desses custos não serem totalmente refletidos nos preços de mercado dos insumos e produtos agrícolas, sendo assim facilmente negligenciados na tomada de decisão tanto privada como pública. A mensuração dos custos da erosão do solo aparece, neste contexto, como um importante instrumento para a conscientização quanto a necessidade de investimentos voltados a conservação do solo.

O programa utiliza a Equação Universal de Perda de Solo (USLE), para estimar a perda de solo por erosão. A USLE corresponde a seguinte equação

$$A = R K L S C P \quad [1], \text{ onde:}$$

A (ton/ha.ano) é a perda de solo média anual na gleba de interesse;

R (MJ mm/ha h) é a erosividade da chuva e da enxurrada;

K (t. ha.h/ha.MJ.mm) é a erodibilidade do solo;

L (adimensional) é o fator de comprimento de rampa;

S (adimensional) é o fator de declividade da rampa;

C (adimensional) é o fator de uso e manejo do solo;

P (adimensional) é o fator de práticas conservacionistas.

Os fatores do modelo USLE (R, K, L e S), a tolerância à perda de solo e a classificação de aptidão agrícola atuam como importantes ferramentas, sendo relevante a estimativa in situ dessa caracterização, como o fator de erodibilidade e a tolerância a perda de solo.

A quantificação dos valores de erosão média nas condições atuais e propostas (A0 e A1) requer, por sua vez, a aplicação de modelos de predição de erosão.

O abatimento de erosão é estudado por Chaves et al. (2004a) que explicam que a avaliação de sedimentação parte de um estágio inicial, onde o nível de erosão A0 (ton/ha.ano) é estimado na gleba ou propriedade, antes da implantação do Programa. A mesma estimativa é feita para a condição após a implantação do projeto conservacionista (A1). O percentual de abatimento de erosão e de sedimentação (P.A.E.), obtido com a implantação do projeto proposto, por um produtor participante, é dado pela seguinte equação:

$$P.A.E. (\%) = 100 (1.A1/A0) \quad [2]$$



A quantificação dos valores de erosão média nas condições atuais e propostas (A0 e A1) requer a aplicação de modelos de predição de erosão.

Para quantificar a perda de solo por erosão é necessário conhecer o parâmetro Z, que é o produto da equação entre C (fator de uso e manejo do solo) e P (fator de práticas conservacionistas).

Z0 corresponde à perda de solo resultante de atividades que utilizam o manejo convencional, enquanto Z1 é a quantidade de perda de solo por erosão após a adoção de manejo conservacionista.

Segundo Chaves et al. (2004a) os critérios necessários para a seleção adequada do modelo, como a disponibilidade de dados e parâmetros locais, a precisão das predições, a robustez do modelo e a sua facilidade de uso, a Equação Universal de Perda de Solo - USLE apareceu como a candidata natural para a tarefa.

Os autores (2004a, p. 6) ponderam que:

“Entretanto, mesmo sendo a USLE um modelo relativamente simples, usado na previsão da erosão laminar e em sulcos de vertentes, sua aplicação é dificultada nas condições brasileiras, quer pela inexperiência dos agentes extensionistas com o modelo, quer pela dificuldade de obtenção de parâmetros locais”.

Chaves et al. (2004a) afirmam que valores são disponíveis para os parâmetros C e P (e, portanto, de Z) para agricultura e para florestas. A determinação do Z é através do resultado de

C*P dos valores da equação (1), obtendo-se assim, a redução da erosão de forma simplificada, robusta e consistente. Portanto, para a estimativa do abatimento da erosão no campo, seria necessário determinar apenas os valores tabelados de Z para os usos, manejos e práticas das situações inicial e proposta.

Custos de Oportunidade

O custo de oportunidade corresponde à melhor alternativa de utilização da terra para a atividade agrícola predominante. Ou seja, a principal atividade produtiva do ponto de vista econômico (Reyes et al 2002).

O produtor rural ao renunciar a uma prática agropecuária, possuirá o “custo de oportunidade” que é conceituado com a receita que o produtor rural deixa de auferir quando destina uma determinada área para ser ocupada com vegetação nativa. A ANA (2012) pondera que a noção de custo de oportunidade é necessária para definir o valor do pagamento que estimulará o provimento dos serviços ambientais (SA).

O custo de oportunidade é calculado em termos de uma oportunidade renunciada, ou seja, define o valor a ser pago ao produtor dos SA fundamentado no que ele poderia gerar de renda utilizando determinada área. Foi utilizado como parâmetro a maior renda agrícola renunciada. No caso em tela é representada pela pecuária. Os usos e ocupação do solo específicos da área de estudo estão descritos na Tabela 4.

**Tabela 4** – Tipos de uso e ocupação do solo da sub-bacia do Rio Pirajibu (Sorocaba/SP)

Usos de Solo	ÁREA	
	ha	%
Pastagem	2.465,80	28,23
Cana-de-açúcar	379,80	4,35
Grãos	1.602,60	18,36
Hortaliças	463,3	5,30
Pomares	201,50	2,30
Reflorestamento	3.620,20	41,46
TOTAL	8.733,20	100

Fonte: Adaptado de WALM, 1999

Outros custos de oportunidade possíveis seriam o arrendamento da pastagem ou a venda da propriedade.

No caso da venda da propriedade, foi realizada uma pesquisa *in loco* em diversas imobiliárias para identificar o valor do m² de propriedades rurais localizadas nos bairros inseridos na sub-bacia.

Contudo, verificou-se que existe uma variação muito grande em relação aos valores do m², devido às características do imóvel, proximidade com a zona urbana e, principalmente, à especulação imobiliária derivada do crescimento econômico da região e da demanda por áreas para a instalação de condomínios. Inviabilizando o cálculo.

Assim, como a maior parte da área de estudo está coberta por pastagem, a estimativa do custo de oportunidade foi elaborada considerando somente a atividade de pecuária de gado de corte.

Valor de Referência

A análise econômica é para Costa (2008) uma ferramenta essencial para uma eficiente tomada de decisão em relação ao estabelecimento de programas de PSA, fornecendo uma estrutura coerente que permite uma comparação entre os

custos e os benefícios proporcionados pelos SA de forma integrada.

A valoração dos serviços ambientais de proteção dos recursos hídricos está fundamentada em um Valor de Referência (VRE), que corresponde ao custo de oportunidade de uso de um hectare da área objeto do projeto, expresso em R\$/hectare/ano. O VRE é estimado com base em estudos econômicos, específicos para a área do projeto.

O Programa “Produtor de Água” estabelece que o pagamento seja igual ao VRE quando ocorrer à recuperação da vegetação nativa na propriedade. As ações de conservação de solo, mediante o uso de práticas mecânicas ou de agropecuária sustentável serão remuneradas com o valor máximo de 50% do VRE, pelo fato das áreas continuarem disponíveis para a pecuária. Este percentual é proporcional à redução da erosão.

Simulação de cenários de PSA

Uma análise dos diferentes cenários de uso da terra, envolvendo a pecuária de corte, foi usada para determinar como a disponibilidade dos SA afetaria as mudanças no uso do solo e qual seria o VRE correspondente. Não foi realizada uma análise da erosão do solo através de análises de campo,



A ANA (2012) descreveu as relações entre as ações de conservação do solo e o PAE correspondente. Com base nessas informações, os seguintes cenários foram estudados:

Pastagem recuperada com subsolagem – Enquadram-se as ações de subsolagem, implantação de barraginhas, melhoria da fertilidade (correção da acidez, adubação, entre outros) e recuperação da cobertura vegetal (formação de pastagem, enriquecimento com leguminosas, recuperação da pastagem) e práticas que melhorem a infiltração de água no solo ou lhe deem uma adequada cobertura, quando aplicadas isoladamente.

S1 – Pastagem com subsolagem, correção da acidez, adubação – PAE: 25 a 50 %;

S2 – Pastagem recuperada com barraginhas, recuperação da cobertura vegetal – PAE: 51 a 75 %;

S3 - Pastagem recuperada com conservação de solo (barraginhas ou terraços). Neste item, utilizam-se simultaneamente as práticas mecânicas e vegetativas de proteção do solo - PAE: > 75% (orientação da assistência técnica e implementação integral o projeto elaborado).

S4 – Recuperação da vegetação nativa - PAE: > 75%.

4. Resultados e Discussão

4.1 Obtenção dos parâmetros Z0 e Z1

Os valores de Z0 e Z1 obtidos através do Manual Operativo do Programa Produtor de Água encontram-se na Tabela 5. Os usos do solo da bacia do rio Pirajibu adotados são provenientes do Estudo de Viabilidade de Exploração, Recuperação e Preservação do rio Pirajibu (WALM, 1999).

Tabela 5 - Tipos de uso e manejo da bacia do Rio Pirajibu (Sorocaba/SP) e respectivos valores do parâmetro Z, antes (Z0) e depois (Z1) da implantação do Programa

TABELA PRODUTOR DE ÁGUA	Z0	Z1
Reflorestamento	0,05	0,05
Pastagem	0,25	0,12
Grãos	0,25	0,13
Cana-de-açúcar	0,10	0,05
Hortaliça	0,50	0,25
Pomares	0,37	0,11

Fonte: ANA, 2012

4.2 Cálculo do Percentual de Abatimento de Erosão (PAE)

O Percentual de Abatimento de Erosão (PAE) é a redução de erosão proporcionada pelo manejo conservacionista adotado. A equação utilizada é a 2, portanto, para esse estudo de caso:

$$PAE = 100 (1 - 0,12/0,25)$$

Como resultado o PAE será de 52%.

A Tabela 6 relaciona o valor do PAE para as áreas cobertas por pastagem situadas encontradas no trecho da bacia do rio Pirajibu localizado no município de Sorocaba.

**Tabela 6** - Valor do Percentual de Abatimento de Erosão (PAE) para pastagem

TABELA PRODUTOR DE ÁGUA	ZO	ZI	PAE %
Pastagem	0,25	0,12	52

A Tabela 7, lista os PAE conforme as ações de conservação do solo propostas aos cenários (ANA, 2012).

Tabela 7 - PAE correspondentes às ações de conservação do solo desenvolvidas em pastagem

CENÁRIO	DESCRIÇÃO	PAE(%)
S1	Pastagem recuperada (Subsolagem, correção da acidez, adubação)	25-50
S2	Pastagem recuperada (Barraginhas, recuperação da cobertura vegetal)	51-75
S3	Pastagem recuperada com conservação de solo	>75
S4	Recuperação da vegetação nativa	>75

Fonte: ANA, 2012

4.3 Estimativa do valor de pagamento incentivado para as propriedades da sub-bacia do Rio Pirajibu (Sorocaba/SP) cobertas com pastagem

4.3.1 Cálculo do custo de oportunidade

O número máximo de animais suportados pela pastagem sem causar a sua degradação é denominado de capacidade de suporte. A EMBRAPA (2014) calculou que esse número corresponde a 2,4 novilhos/ ha/ ano com produção de 7,09 arrobas ha/ano

Considerando o valor da arroba do boi no mês de dezembro de 2017 que foi de R\$ 146,11 e a capacidade de suporte determinada pela Embrapa, o valor por ha seria de R\$ 1.035,92.

Tendo como base uma série de 10 anos do valor da arroba, o preço médio recebido seria

de R\$ 112,00 (CEPEA, 2017). Neste caso, o valor por hectare é de R\$ 794,08.

Por fim, foi analisado o custo de produção da carne bovina em pecuária extensiva. O valor do custo é de R\$ 80,00 por arroba (Coelho 2008, EMBRAPA 2017). Portanto, o custo por hectare é de R\$ 632,00.

O custo de oportunidade local é de R\$ 403,92 sendo o resultado do valor obtido por ha/ano, considerando o valor da arroba em dezembro de 2017, menos o custo de produção em um hectare no período de um ano.

Para calcular o custo de oportunidade baseado no arrendamento da pastagem, foi usado como referência o valor médio do aluguel mensal de pasto para o município de Sorocaba correspondente à R\$ 22,64 por cabeça/mês (CIAGRI 2017). Assim, considerando a



quantidade de 2,4 novilhos por ha/ ano, o custo de oportunidade é de R\$ 652,00/ha/ano.

Apesar da diferença significativa entre os valores dos custos de oportunidade, foi estabelecido como VRE o valor referente ao da pecuária de corte, uma vez que o proprietário auferirá, além do valor de R\$ 403,92 ha/ano pela produção, uma renda complementar proveniente da adesão ao programa de PSA de R\$ 193,50 ha/ano. Deste modo, o proprietário estaria apto a receber um montante de R\$ 580,50 ha/ano.

O valor da renda complementar citado foi derivado das disposições do “Programa Produtor de Água” definidos para as práticas de conservação de solo (Tabela 8), o valor de 50% do VRE.

Coincidentemente, o valor ficou muito próximo ao VRE utilizado pelo Programa Conservador de Água de Extrema/MG e pelo Projeto Oásis.

No caso do programa mineiro o VRE foi instituído pela Lei Municipal 2.100, de 21 de

dezembro de 2005, e em 2017 o valor pago aos beneficiários era de R\$ 187,00 por ha/ano,

No projeto Oásis o controle de erosão foi calculado com base no custo de recuperação de 1 hectare erodido apresentado pelo programa Mata Ciliar do governo do Estado de São Paulo e o valor era de R\$ 75,00 por ha/ano, (Whately, Hercovitz 2008).

Convém salientar, que além da oportunidade de uso solo renunciada, o proprietário arcará com as despesas das práticas conservacionistas, tais como: o custo de construção de uma barraginha estimado em cerca de R\$ 575,00 (IGAM, 2014) e a implantação de um sistema de terraceamento com um custo aproximado de R\$ 0,10/m² (ESALQ 2017).

4.3.2 Valor de Referência (VRE)

O Programa Produtor de Água relaciona, conforme demonstra a Tabela 8, valores diferentes em conformidade com o manejo conservacionista adotado.

Tabela 8 - Tipos de manejo conservacionista e o percentual de VRE pago aos beneficiários conforme o Programa Produtor de Água

MANEJO CONSERVACIONISTA	PERCENTUAL DO VRE
Conservação da vegetação nativa existente	1,25.VRE
Recuperação da vegetação nativa	1.VRE
Conservação de solo	0,5.VRE

Fonte: ANA, 2012

Além do tipo de manejo conservacionista, também é considerado o indicador PAE para estabelecer o valor anual pago por hectare.

O pagamento é realizado conforme a Tabela 9. Portanto, como o PAE para pastagem é 58%, o VRE pago aos beneficiários será de R\$ 61,50 por ha/ano.

Conforme indica a Tabela 6, o percentual esperado de abatimento de erosão e sedimentação será de 52%. A área dos usos na qual foi aplicada a simulação mede 2.465,80 ha, correspondendo a 28,23% da área total dos usos da bacia.

**Tabela 9** – Valores de Referência (VRE) em face dos respectivos valores do Percentual de Abatimento de Erosão (PAE)

INDICADOR		FAIXA		
PAE (%)	25-50	50-75	75-100	
VRE (R\$/ha/ano)	96,75	145,12	193,50	

4.4 Análise de cenários

Os VRE para os cenários estão relacionados na Tabela 10, tendo sido calculados a partir das Tabelas 8 e 9.

Tabela 10 – VRE calculado para os cenários propostos

CENÁRIO	DESCRIÇÃO	PAE(%)	VRE R\$/ha/ano
S1	Pastagem recuperada (Subsolagem, correção da acidez, adubação)	25-50	96,75
S2	Pastagem recuperada (Barraginhas, recuperação da cobertura vegetal)	51-75	145,12
S3	Pastagem recuperada com conservação de solo	>75	193,50
S4	Recuperação da vegetação nativa	>75	387,00

4.5 Análise do estudo de caso de PSA

Estudos devem ser efetivados sobre os custos de oportunidade da prestação de SA, adotando-se uma abordagem que permeie todos os SA encontrados em uma área com potencial de implantação de PSA com a finalidade de evitar dupla contagem ou efeitos negativos oriundos de um enfoque em um único tipo de SA (Kragt, Robertson 2014).

Considerando a Tabela 6, o valor estimado é de 52% de redução de erosão e sedimentação em comparação à condição inicial. Chaves et al. (2004b) argumenta que a carga de poluentes transportados pelo sedimento é diretamente relacionada com a taxa de erosão e sedimentação. A implantação de um programa

de PSA na área de estudo, provavelmente, também resultaria em um abatimento na poluição de origem difusa.

A abrangência do estudo de caso foi ampliada ao analisar quatro possíveis cenários do uso da terra com práticas de conservação do solo distintas. Nas condições propostas, o pior cenário de abatimento de erosão seria com o uso de pastagem recuperada por subsolagem, correção da acidez ou adubação, podendo apresentar um PAE no valor mínimo de 25%.

Os melhores cenários estão enquadrados na pastagem recuperada com conservação de solo (barraginhas ou terraços, utilizando simultaneamente as práticas mecânicas e vegetativas) e na recuperação da vegetação



nativa. Nesses casos, o PAE poderá ser maior que 75%. Além dos potenciais citados, o pagamento por serviços ambientais poderia trazer aos beneficiários do programa uma renda complementar. Os valores totais necessários

para a remuneração das áreas, conforme a prática conservacionista adotada, estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11 – Remuneração total referente aos PSA das áreas consideradas no estudo de caso

CENÁRIO	DESCRIÇÃO	PAE (%)	REMUNERAÇÃO DAS ÁREAS R\$/ANO
Conforme Tabela 14	Pastagem recuperada	52*	357.836,90
S1	Pastagem recuperada (Subsolagem, correção da acidez, adubação)	25-50**	238.566,15
S2	Pastagem recuperada (Barraginhas, recuperação da cobertura vegetal)	51-75**	357.836,90
S3	Pastagem recuperada com conservação de solo	>75**	477.132,3
S4	Recuperação da vegetação nativa	>75**	954.264,60

*Cálculo utilizando a equação - P.A.E. (%) = $100 (1 - Z1/Z0)$; **ANA (2012)

Deve-se destacar que os valores da Tabela 11 consideram todas as áreas cobertas por pastagem e uma prática de conservação do solo.

Em uma eventual implementação do programa na bacia do Rio Pirajibu, a adesão dos proprietários poderá ser parcial e não atingir a área total, além da possibilidade do uso de diversas práticas de conservação do solo e em outros tipos de uso do solo.

Os resultados trazem um panorama da aplicação de um programa de PSA na sub-bacia do Pirajibu, localizada na região de Sorocaba, e a análise dos cenários podem elucidar estratégias referentes à gestão futura da conservação dos SA por parte do Poder Público.

O aspecto negativo da simulação realizada no estudo de caso é a escassez de informações recentes sobre o uso do solo atual. Contudo, conforme verificado na Figura 3 elaborada por Guandique et al. (2013), a pastagem ainda é o uso do solo predominante na porção da bacia do Rio Pirajibu localizada em Sorocaba.

Uma questão que deve ser analisada é a limitação do escopo que o Programa Produtor de Água impõe. Conforme visto anteriormente, o objetivo do mecanismo de PSA está vinculado com a proteção hídrica mediante o controle de erosão.

Um programa de PSA na bacia do Rio Pirajibu poderia contemplar vários SA pertinentes aos agroecossistemas, como demonstrado na Figura 4.

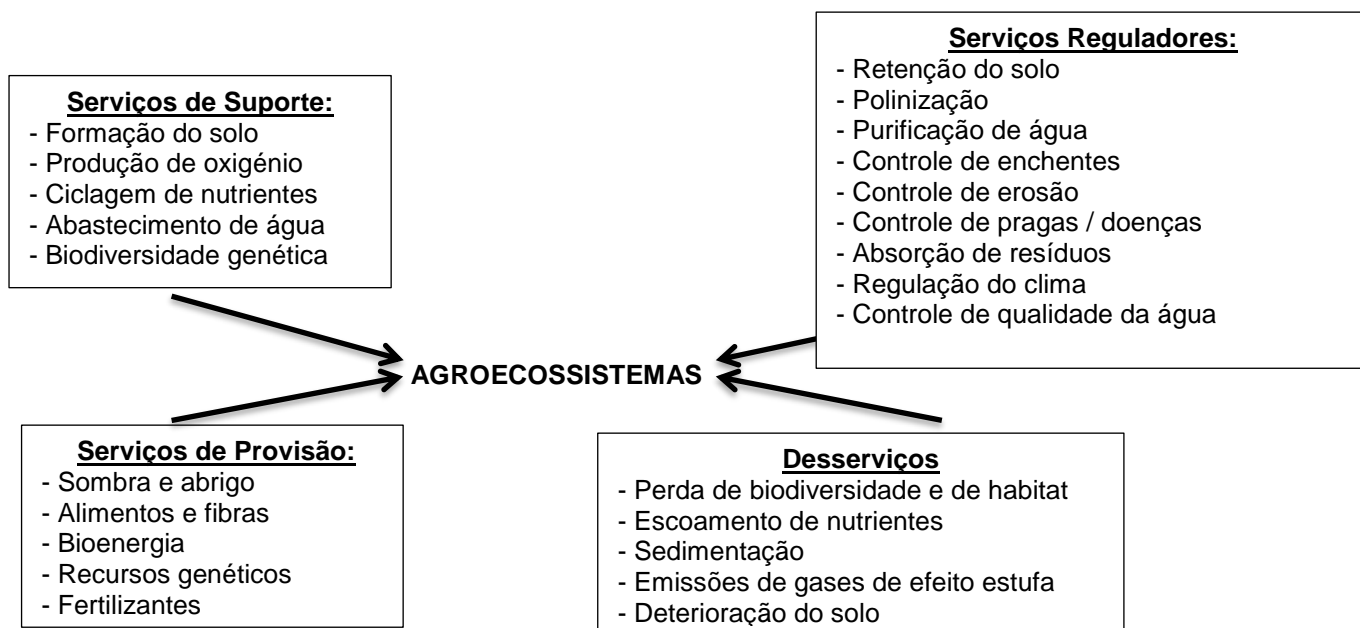


Figura 4 - Relações entre os agroecossistemas e os serviços ambientais.

Adaptado de Kragt e Robertson (2014).

Outro desafio para a criação de um regime de PSA é manter os custos de transação baixos para aperfeiçoar a utilização dos recursos arrecadados a partir de beneficiários. Os custos de estabelecimento de um sistema de PSA e da gestão das suas primeiras transações podem ser altos.

Estes custos podem incluir a investigação científica como o diagnóstico sócio ambiental e o projeto da sub-bacia, as consultas técnicas com os usuários da terra e dos beneficiários, a avaliação dos usos da terra atuais, elaboração de contratos de PSA com os produtores rurais, estabelecendo metas, épocas de verificação e pagamentos das parcelas; implementação da fase piloto e outros. Além disso, existem custos associados com a manutenção do sistema, como o monitoramento, recrutamento e gestão de pagamentos.

Alguns desses custos de transação podem ser transferidos para os usuários, mas os custos de administração para os usuários devem ser baixos para assegurar que a obtenção do lucro seja suficiente para manter a sua participação no sistema (Mayrand, Paquin 2004).

Wunder (2008) ensina que a eficiência de um programa de PSA não é determinada apenas pelo grau em que os SA são fornecidos, mas também pelos custos de implantação. Estes custos incluem:

- a) o custo de oportunidade dos benefícios renunciados a partir de atividades alternativas;
- b) custo de implementação para fazer e manter as alterações necessárias, por exemplo, o reflorestamento ou monitoramento *in situ* da floresta;
- c) os custos de transação do programa.

Maximizar os valores de produção na agricultura tem historicamente resultado em degradação ambiental. No entanto, pode ser possível alcançar uma situação de "ganha-ganha" entre as culturas agrícolas que geram bens transacionáveis, e outros SA através da adoção de práticas de gestão, tais como o aumento de fases de pastagem ou na retenção de cobertura vegetal. Os *trade-offs* entre a produção comercializada e os SA não-comercializados podem ser apresentados como "fronteiras de possibilidade de produção".

Evidências empíricas sugerem para Vorlaufer et al (2017), que as relações de ganha-ganha



entre intensificação agrícola e conservação da floresta são a exceção. PSA podem ser vinculados aos programas de apoio à agricultura para alcançar simultaneamente os dois objetivos. Devido aos lucros potencialmente mais elevados da agricultura intensificada do que a transferências de dinheiro puras, os potenciais destinatários do pagamento podem preferir que a compensação seja realizada com investimentos na propriedade em vez de pagamentos pecuniários.

As *commodities* agrícolas e um SA podem ser constituídos em conjunto a partir da mesma base de recursos que estão em uma situação "ganha-ganha", onde os produtores têm um incentivo privado para produzir o SA (não comercializado).

No entanto, quando ocorrem *trade-offs* "ganha-perde", entre os produtos comercializados e os SA não-comercializados, os agricultores que visam a maximização do lucro não têm qualquer incentivo privado para produzir o SA não-comercializado. Nesse caso, os incentivos externos são necessários para estimular a adoção de práticas agrícolas alternativas (Kragt, Robertson 2014).

Destarte é fundamental destacar que adesão a um programa de PSA contribuirá para a adequação da propriedade rural em relação às exigências legais ambientais, principalmente as aplicáveis às APP – Áreas de Preservação Permanente, evitando a incidência de sanções administrativas, civis e penais.

Costa (2008: 38) relata que:

"Tem-se estabelecido que os pagamentos para fornecedores de SA devem ser, pelo menos, iguais ao custo de oportunidades dos principais usos da terra, com os quais os agricultores deparam-se ao realizar mudanças em suas práticas produtivas, de modo a fornecer maiores níveis de SA."

Deste modo, deve-se adotar uma ação fundamentada em uma opção de gestão para a qual os benefícios gerados pelo PSA devam ser compatíveis com os custos de implantação

(custos de gerenciamento do mecanismo, das atividades em campo, de sensibilização e articulação, entre outros).

Não foi possível estimar os custos de transação para o estudo de caso. Como comparação, tem-se os resultados do Projeto Oásis implementado em Apucarana, estado do Paraná, no qual o investimento total do programa nos anos 2010 e 2011 foi de R\$ 285.060 por ano, para uma área total de 3.199,37, resultando em um custo de R\$ 89,10 por hectare.

Outra abordagem que deve ser mencionada no estudo de caso é a correlação de um PSA implementado na bacia do Rio Pirajibu e o uso e a ocupação do solo disciplinado pelo município de Sorocaba.

A Lei nº 11.022, de 16 de dezembro de 2014, dispõe sobre a revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Territorial do Município de Sorocaba e dá outras providências.

O uso e ocupação da bacia do Pirajibu foram disciplinados no Plano Diretor em diversos artigos, pois considera a porção da bacia do Rio Pirajibu, a montante da bacia do Córrego Pirajibu-Mirim, como de interesse estratégico para futura utilização como manancial de captação de água para Sorocaba.

Dentre eles destaca-se o artigo 8º que determina que a bacia do Pirajibu esteja incluída na categoria "Macrozona com Grandes Restrições Ocupação", em áreas territoriais destinadas a conservação ambiental, correspondentes às várzeas ou planícies aluviais marcadas por processos de enchentes sazonais.

As regras de ocupação na região devem: garantir uma densidade de ocupação baixa para a zona como um todo, de modo a limitar a geração de poluição pontual e difusa; condicionar a urbanização ao adequado equacionamento da coleta e disposição dos esgotos.

Em relação aos SA, foi estabelecido que em áreas destinadas à proteção aos mananciais que são mais suscetíveis à erosão superficial,



quando sob processos de urbanização, as regras de ocupação deverão exigir a adoção de medidas de prevenção da erosão, como o recobrimento vegetal de taludes e a minimização de terraplanagens.

O artigo 24 delimita as Zonas de Conservação Ambiental – ZCA, que são destinadas à implantação exclusiva de usos que garantam a ampla manutenção de superfícies permeáveis recobertas por vegetação com baixos índices de ocupação. A ZCA, constituída por faixa marginal ao longo do Rio Sorocaba, terá a largura a partir do seu eixo de 250,00 m de cada lado, a partir da foz do Rio Pirajibu.

As Áreas de Preservação Permanente (APP) derivadas de loteamentos residenciais, comerciais e industriais, seja qual for a zona de uso em que estiverem localizados, é regulamentada pelo artigo 118 que determina que parte da área total da gleba a ser loteada deverá ser transferida ao patrimônio público do Município, pela delimitação de faixas de proteção ao longo de corpos d'água, contados a partir do leito maior sazonal que poderão ser computadas como espaços livres de uso público, com largura mínima de cada lado do leito do rio de:

1. 50,00m, do Rio Sorocaba, no trecho compreendido entre o limite com o Município e Votorantim até foz do Rio Pirajibu;
2. 150,00m, do Rio Sorocaba, no trecho compreendido a partir da foz do Rio Pirajibu, excluídas as áreas urbanizadas;
3. 100,00m, do Rio Pirajibu, Córrego Eufrásio e Ribeirão Tapera Grande, excluídas as áreas urbanizadas;
4. 60,00m, ao longo do Córrego Pirajibu-Mirim, no trecho compreendido entre sua cabeceira até a sua foz com o Rio Pirajibu, exceto no trecho compreendido entre as coordenadas (utm) 258.628,331 e 7.398.473,266 (cruzamento com a rua Maria Augusta Silva) e 256.149,560 e 7.400.918,737 (ponte na rodovia Celso Charuri) excluídas as áreas urbanizadas.

Nesse contexto, verifica-se que o município de Sorocaba tem interesse na conservação ambiental da bacia do Rio Pirajibu e que para muitas propriedades da região existirão restrições pertinentes ao uso do solo. Portanto, um programa de PSA poderia gerar renda complementar para os proprietários e contribuir para os objetivos de uso do manancial referentes ao abastecimento da cidade, mediante o incentivo às práticas de conservação do solo e a, consequente, proteção hídrica.

5. Considerações Finais

O principal desafio do programa para sua implementação é o suporte financeiro para garantir o efetivo pagamento dos incentivos ao longo do período de maturação do projeto que tem prazo mínimo de cinco anos.

A implantação de um programa de PSA baseado nas diretrizes do Programa Produtor de Água, na bacia hidrográfica do Rio Pirajibu, poderia trazer os seguintes benefícios à conservação ambiental da região: redução média da erosão e da sedimentação de 52%; redução dos custos de tratamento de água; redução significativa dos riscos de interrupção de abastecimento de água; e melhoria das condições ecossistêmicas para a ictiofauna.

Os proprietários rurais seriam financeiramente compensados diretamente e indiretamente, pelo melhor manejo do solo e da água e diminuição das perdas de solo de seus sistemas agrícolas produtivos.

O investimento na bacia varia conforme as práticas de conservação do solo utilizadas. No caso de todas as propriedades cobertas com pastagem aderirem ao programa a remuneração total iria variar de R\$ 238.566,15/ano (pastagem recuperada – subsolagem) a R\$ 954.264,60/ ano (recuperação de vegetação nativa).

Por fim, cabe esclarecer que os benefícios alcançados com o programa Produtor de Água e com outras iniciativas de PSA não devem ser



motivos para afastar o dever do Estado de assegurar direitos legalmente previstos na Constituição Federal para um meio ambiente ecologicamente equilibrado e na legislação ambiental brasileira que instituiu, dentre outros, a obrigatoriedade de proteção de APP, de Unidades de Conservação e da imposição de parâmetros para a manutenção da qualidade da água.

Bibliografia

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil), 2012. Manual Operativo do Programa “Produtor de Água”. ANA, Brasília.

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil), 2012. Manual Operativo do Programa Produtor de Água. 2ª ed. ANA, Brasília.

Barbierato, V., 2014. Caracterização hidromorfológica e diagnóstico da qualidade da água da sub bacia do rio Pirajibú. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba.

Brasil, 2013. Portaria ANA nº 196, de 30 de agosto de 2013. Aprovar, na forma do Anexo, o Manual Operativo do Programa Produtor de Água, instrumento de caráter orientador ao desenvolvimento e habilitação de projetos e às formas de apoio prestado aos parceiros no âmbito do Programa. Disponível: <http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/Portaria%20196%20Aprova%20Manual%20Operativo%20do%20Programa%20Produtor%20de%20C3%81gua.pdf>. Acesso em: 17/11/2013.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - ESALQ/USP, Indicadores de preços – boi, 2017. Disponível: <http://cepea.esalq.usp.br/boi/?>. Acesso: 20/12/2017.

Chaves H, M, L., Braga B, Domingues A, F e Santos, D. G., 2004. Quantificações dos Benefícios Ambientais e Compensações Financeiras do “Programa Produtor de Água”

(ANA): I. teoria. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre Vol 09: n.3, 05-14.

Chaves H. M. L., Braga B., Domingues A. F. e Santos, D. G., 2004. Quantificações dos Benefícios Ambientais e Compensações Financeiras do “Programa Produtor de Água” (ANA): II. Aplicação da metodologia. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre Vol. 09: n.3, 15-21.

CIAGRI – Centro da Informática na Agricultura, 2017. Aluguel de Pasto. Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/precop.aspx?cod_tipo=3&cod_sis=10. Acesso: 15/12/2017.

Coelho F. S., Oliveira C. M., Silva D. F. e Villela S. D. J., 2008. Levantamento e análise dos custos médios de produção de bovinos de corte no município de Curvelo, Minas Gerais. Pôster apresentado no XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco, 20 a 23 de julho.

Costa R. C., 2008. Pagamento por SA: limites e oportunidades para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar na Amazônia Brasileira. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Criado R. C. e Piroli, E. L., 2011. Pagamento por Serviços Ambientais na gestão dos Recursos Hídricos no Brasil. Revista Geografia em Atos, Presidente Prudente, Departamento de Geografia da FCT/UNESP Vol 02: n. 11, 83-96.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2017. Gado de corte – gramíneas forrageiras do gênero brachiaria. Disponível em: <http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/ct/ct01/10capacidade.html>. Acesso: 12/12/2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2014. Solos Tropicais: Argissolo Vermelho-Amarelo. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais>. Acesso em: 21 de dezembro de 2014.



ESALQ - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2017. Terraceamento agrícola. Disponível em:

<http://www.esalq.usp.br/gerd/SolosIV/Terraceamento.pdf>. Acesso: 20 de dezembro de 2017.

Guandique M. E. G., Rosa A. H., Wagner R. Cezar, F. R. G., Noronha I. R., Derrite R. M., Bello F. H., Muniz. O. S., Ribeiro. Amaral T., Cardoso M. M. e Carbonari L. C., 2013. Relatório Final projeto "Caracterização Físico-Química e Monitoramento Hidrológico do rio Sorocaba-Pirajibu" FEHIDRO, Sorocaba.

Kragt M. E. e Robertson M. J., 2010. Quantifying ecosystem services trade-offs from agricultural practices. *Ecological Economics* Vol 102, 147-157.

Margulis S., 1996. A Regulamentação Ambiental: Instrumentos e Implementação. Texto para Discussão do Senado nº 437, 05-47.

Mayrand K. e Paquin M., 2004. Pago por servicios ambientales: Estudio y evaluación de esquemas vigentes. UNISFERA, Canadá.

Motta R. S., 1997. Manual Para Valoração Econômica de Recursos Ambientais. IPEA/MMA/PNUD/CNPq, Rio de Janeiro.

Peixoto M., 2011. Pagamento por Serviços Ambientais – Aspectos teóricos e proposições legislativas. Textos para Discussão do Senado nº 105.

Rasmussen E., 2011. Putting a value on nature could set scene for true green economy. *The Guardian*, London. Disponível em: <http://www.guardian.co.uk/commentisfree/cif-green/2010/feb/10/pavan-sukhdev-natures-economic-model/print>. Acesso em: 17/03/2013.

Reyes V., Fallas J. e Miranda M., Segura, O. e Sánchez, R., 2002. Parámetros para la valoración del servicio ambiental hídrico brindado por los bosques y plantaciones de Costa Rica. FONAFIFO, Costa Rica.

Scarlett L. e Boyd, J., 2015. Ecosystem services and resource management: Institutional issues,

challenges, and opportunities in the public sector. *Ecological Economics* Vol. 115, 03-10.

SEADE (Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados), 2014. Perfil dos Municípios do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.produtos.seade.gov.br>. Acesso em: 25 de setembro de 2014.

Sorocaba - Lei nº 9.812, de 16 de novembro de 2011, 2011. Dispõe sobre Pagamentos por Serviços Ambientais para proprietários de imóveis situados na bacia do rio Pirajibu e dá outras providências. Publicado no D.O de Sorocaba em 17/11/2011.

TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2011. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in National and International Policy Making*. London.

Vorlauffer T., Falk T., Dufhues T. e Kirka M., 2017. Payments for ecosystem services and agricultural intensification: Evidence from a choice experiment on deforestation in Zambia. *Ecological Economics* Vol. 141, 95-105.

WALM Engenharia e Tecnologia Ambiental, 1999. Estudo de Viabilidade de Exploração, Recuperação e Preservação do rio Pirajibu. São Paulo.

Whately M. e Hercowitz, M., 2008. Serviços ambientais: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo. Instituto Socioambiental, São Paulo.

Wunder, S., Engel, S. e S. Pagiola., 2008. Taking stock: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. *Ecological Economics* Vol 65, 834-852.